



Efeito do exercício passivo em cicloergômetro na força muscular, tempo de ventilação mecânica e internação hospitalar em pacientes críticos: ensaio clínico randomizado

Aline dos Santos Machado¹, Ruy Camargo Pires-Neto²,
Maurício Tatsch Ximenes Carvalho³, Janice Cristina Soares^{4,5},
Dannuey Machado Cardoso⁶, Isabella Martins de Albuquerque³

1. Curso de Especialização em Reabilitação Físico-Motora, Programa de Pós-Graduação em Gerontologia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS) Brasil.
2. Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, Departamento de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP) Brasil.
3. Programa de Pós-Graduação em Reabilitação Funcional, Departamento de Fisioterapia e Reabilitação, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS) Brasil.
4. Unidade de Terapia Intensiva Adulto, Hospital Universitário de Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS) Brasil.
5. Universidade Luterana do Brasil – ULBRA – Santa Maria (RS) Brasil.
6. Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre (RS) Brasil.

Recebido: 25 junho 2016.

Aprovado: 18 novembro 2016.

Trabalho realizado na Unidade de Terapia Intensiva Adulto do Hospital Universitário de Santa Maria – HUSM – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria (RS) Brasil.

INTRODUÇÃO

Atualmente, com a crescente evolução tecnológica, o paciente gravemente enfermo permanece por um período prolongado em UTI, predispondo a incidência de complicações advindas da imobilidade.⁽¹⁾ Essa imobilidade prolongada é nociva, com rápida redução da massa muscular e da densidade mineral óssea, assim como comprometimento em outros sistemas do corpo, sendo essas manifestações evidentes já na primeira semana de repouso,⁽²⁾ o que pode contribuir para o declínio funcional e a redução da qualidade de vida.⁽³⁾ Entre essas complicações estão a desnutrição, maiores taxas de infecção hospitalar,⁽⁴⁾ alterações na qualidade do sono⁽⁵⁾ e maior tempo de internação na UTI.⁽⁶⁾

O desenvolvimento de fraqueza muscular generalizada é uma complicação que acomete de 30% a 60% dos

pacientes internados nas UTIs,⁽⁶⁾ podendo persistir entre seis meses até dois anos após a alta da unidade,^(7,8) e, conseqüentemente, acarretando impactos na função física desses pacientes.⁽⁸⁾ Além disso, pacientes com força muscular periférica reduzida permanecem um maior tempo em ventilação mecânica (VM).⁽⁹⁾ No entanto, esses efeitos deletérios do imobilismo podem ser revertidos ou amenizados pela atuação da fisioterapia,^(10,11) a qual contribui para a redução do tempo de permanência na UTI, assim como no hospital.⁽¹²⁾ Estudos demonstram que a mobilização precoce do paciente crítico é uma abordagem considerada segura⁽¹³⁾ que visa a preservação da massa muscular e a redução da fraqueza muscular após a alta hospitalar e que promove a recuperação das atividades de vida diária desses pacientes.^(14,15) A mobilização precoce é definida, segundo Hodgson et al.,⁽¹⁶⁾

RESUMO

Objetivo: Avaliar os efeitos da realização de exercícios passivos com um cicloergômetro, associada à fisioterapia convencional, na força muscular periférica, no tempo de ventilação mecânica e no tempo de internação hospitalar em pacientes críticos internados em UTI de um hospital universitário terciário. **Métodos:** Ensaio clínico randomizado envolvendo 38 pacientes (idade > 18 anos) em ventilação mecânica e divididos aleatoriamente em grupo controle (n = 16), que realizou fisioterapia convencional, e grupo intervenção (n = 22) submetidos a fisioterapia convencional e exercícios passivos em cicloergômetro cinco vezes por semana. A média de idade dos pacientes foi de 46,42 ± 16,25 anos, e 23 eram homens. Os desfechos analisados foram força muscular periférica, mensurada pela escala *Medical Research Council*, tempo de ventilação mecânica e tempo de internação hospitalar. **Resultados:** Houve um aumento significativo da força muscular periférica (basal vs. final) tanto no grupo controle (40,81 ± 7,68 vs. 45,00 ± 6,89; p < 0,001) quanto no grupo intervenção (38,73 ± 11,11 vs. 47,18 ± 8,75; p < 0,001). Entretanto, a variação do aumento da força foi maior no grupo intervenção que no controle (8,45 ± 5,20 vs. 4,18 ± 2,63; p = 0,005). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos quanto ao tempo de ventilação mecânica e tempo de internação hospitalar. **Conclusões:** Os resultados sugerem que a realização de mobilização passiva contínua de forma cíclica auxilia na recuperação da força muscular periférica de pacientes internados em UTI.

(ClinicalTrials.gov Identifier: NCT01769846 [http://www.clinicaltrials.gov/])

Descritores: Modalidades de fisioterapia; Unidades de terapia intensiva; Deambulação precoce; Força muscular.

Endereço para correspondência:

Isabella Martins de Albuquerque. Avenida Roraima, 1000, Cidade Universitária, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

Tel.: 55 55 3220-8234. E-mail: albuisa@gmail.com

Apoio financeiro: Este estudo recebeu apoio financeiro do Programa de Auxílio à Pesquisa Recém-Doutor do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

como a intensificação e a aplicação (nos primeiros 2-5 dias da doença crítica) de fisioterapia que é realizada no paciente crítico. Entretanto, a principal barreira reportada para a realização da mobilização precoce ainda é a sedação, a qual, embora seja necessária em alguns casos, limita a atuação do fisioterapeuta na recuperação funcional dos pacientes.^(17,18)

Nesse contexto, a mobilização passiva é uma estratégia que o fisioterapeuta possui para evitar o declínio funcional do paciente crítico. Embora amplamente utilizada pelos profissionais,^(19,20) seus efeitos em relação à recuperação clínica do paciente ainda não estão bem estabelecidos.

O cicloergômetro é um dos equipamentos mais estudados, até o momento, como adjuvante da terapia aplicada pelo terapeuta ao paciente de UTI.⁽²¹⁻²³⁾ O uso de mobilização passiva cíclica precoce (< 72 h de VM) é seguro e está relacionado a poucas alterações hemodinâmicas mesmo nos pacientes mais críticos.⁽²¹⁾ Entretanto, como já exposto, pouco se sabe sobre os efeitos da mobilização passiva (realizada com o cicloergômetro ou com o terapeuta) na recuperação clínica do paciente. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da realização de exercícios passivos com o cicloergômetro associados à fisioterapia convencional na recuperação da força muscular periférica, no tempo de VM e de internação hospitalar de pacientes internados em UTI.

MÉTODOS

Ensaio clínico randomizado, com cegamento de avaliadores de desfecho, realizado na UTI do Hospital Universitário de Santa Maria da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria (RS) entre janeiro e julho de 2015. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa local sob o número CAAE 07201712.8.0000.5346. Todos os participantes ou seus familiares assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes de serem incluídos no estudo.

Essa UTI possui 16 leitos, sendo 10 de terapia intensiva geral e 6 leitos de unidade cardiológica; apresenta predominantemente pacientes neurológicos, clínicos e cirúrgicos. A assistência fisioterapêutica é disponibilizada por 12 h/dia na unidade cardiológica, enquanto essa, na UTI geral, está disponível por 18 h/dia. A relação de atendimento dessa UTI como um todo é de 1:8 fisioterapeuta/paciente; já a relação enfermeiro/paciente é de 1:5, e a de técnico de enfermagem/paciente é de 1:2.

Foram incluídos em nosso estudo 49 pacientes (amostra de conveniência) de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, em VM, com nível de sedação leve, avaliado por meio da escala de agitação e sedação de Richmond⁽²⁴⁾ (escore -2), e hemodinamicamente estáveis. Foram excluídos pacientes que estavam recebendo cuidados paliativos, pacientes amputados, pacientes com fratura de membros inferiores, doenças neuromusculares, doenças neurológicas e/ou fraqueza muscular adquirida na UTI, assim como

pacientes incapazes de utilizar o cicloergômetro devido à pré-existência de disfunções articulares e/ou musculoesqueléticas.

Os pacientes recrutados para o estudo foram avaliados por meio de registros clínicos, informações demográficas, história clínica, razão primária de admissão na UTI e do escore *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II* (APACHE II).⁽²⁵⁾

Os indivíduos foram alocados a partir de uma tabela de números aleatórios gerada por computador, e uma sequência de randomização foi criada pelo programa *Random Number Generator Pro*, versão 2.00 (Segobit; Issaquah, WA, EUA). Todos os participantes receberam a intervenção por dois fisioterapeutas. As avaliações também foram cegadas e realizadas por um único fisioterapeuta, que também foi responsável pela randomização.

A força muscular periférica foi mensurada pela pontuação da escala do *Medical Research Council* (MRC) nos membros superiores e inferiores,⁽²⁶⁾ antes e depois da implementação do protocolo do estudo, por um único avaliador treinado previamente. A avaliação inicial da força muscular era realizada no primeiro dia em que o paciente se apresentava colaborativo e responsivo (escore da escala de agitação e sedação de Richmond = -1) e no último dia de permanência na UTI.

Os pacientes que preencheram os critérios de inclusão foram alocados para o grupo intervenção (GI) ou grupo controle (GC). O GC foi submetido à fisioterapia convencional, enquanto o GI recebeu adicionalmente sessões de exercício passivo através da utilização de um cicloergômetro de membros inferiores (MOTomed letto 2; RECK-Technik GmbH & Co.KG, Betzenweiler, Alemanha). Tal dispositivo oferece a possibilidade de se realizar o exercício de forma passiva, em decúbito dorsal, mesmo o paciente estando sob sedação. Desse modo, foram realizadas sessões com o cicloergômetro de forma passiva, com duração de 20 min, cadência fixa de 20 ciclos/min, cinco vezes por semana, até o último dia de permanência na UTI. Com o propósito de garantir a realização do exercício passivo, a tela do equipamento, a qual possibilita a visualização/análise do treino e detecta movimentos ativos, foi constantemente monitorada durante o protocolo.

A fisioterapia convencional (respiratória e motora) foi realizada por fisioterapeutas da UTI, duas vezes ao dia, por aproximadamente 30 min, sete vezes por semana. O protocolo incluiu manobras de vibrocompressão, hiperinsuflação pelo ventilador mecânico e aspiração traqueal, quando necessária, além de exercícios motores de membros superiores e inferiores, passivos e ativoassistidos, conforme a evolução clínica do paciente.

A fim de assegurar a estabilidade clínica do paciente, durante e após a realização do protocolo, foram monitorados constantemente os parâmetros cardiovasculares, tais como SpO₂, FC, pressão arterial média, pressão arterial sistólica e pressão arterial diastólica, de forma não invasiva, pela observação do monitor multiparamétrico DX 2022 (Dixtal Biomédica, Manaus, Brasil).

Foram utilizados como critérios de interrupção do protocolo os seguintes parâmetros: instabilidade hemodinâmica (pressão arterial média < 60 ou > 125 mmHg), SpO₂ < 88%, FC > 130 bpm ou < 40 bpm e sinais de desconforto respiratório.

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa IBM SPSS Statistics, versão 20.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA). A normalidade das variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis contínuas foram apresentadas na forma de média e desvio-padrão ou mediana e intervalo interquartil, enquanto as categóricas foram apresentadas em frequências absolutas e proporções. Para comparar os momentos pré- e pós-intervenção intragrupo, foi utilizado o teste t de Student pareado ou o teste de Wilcoxon. A comparação entre os grupos foi realizada através do teste t de Student não pareado ou pelo teste U de Mann-Whitney. Para efeito de significância estatística foi considerado um valor de $p < 0,05$.

RESULTADOS

No período estudado, foram admitidos 58 pacientes na UTI Adulto da instituição, sendo que, desses, 49 preencheram os critérios de inclusão, sendo randomizados em GC (n = 23) e GI (n = 26). Posteriormente, 7 e 4 pacientes do GC e do GI foram a óbito, respectivamente. Dessa forma, a amostra final foi constituída por 38 pacientes, sendo 16 e 22 desses no GC e no GI, respectivamente (Figura 1). A Tabela 1 apresenta a caracterização geral da amostra. Verificamos que o principal motivo de internação em UTI era de origem respiratória. O tempo de sedação, o tempo para o primeiro atendimento e o tempo para a primeira avaliação muscular foram similares nos dois grupos. As medianas (intervalos interquartis) do número de

sessões no GC e no GI foram de 30,0 (26,5-53,0) e 36,0 (30,0-59,0), respectivamente. Durante o estudo, não houve a necessidade da interrupção do protocolo e nem foi observado qualquer evento adverso durante e após a aplicação do mesmo.

A Tabela 2 demonstra o tempo de VM, de internação em UTI e de internação hospitalar nos dois grupos estudados. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos quanto ao tempo de internação na UTI ($p = 0,824$), tempo de VM ($p = 0,715$) e tempo de internação hospitalar ($p = 0,794$).

A Figura 2 mostra os valores da escala MRC obtidos antes e depois da implementação do protocolo de estudo. Houve um aumento significativo da força muscular periférica, avaliada pelo escore da escala MRC, no GC ($40,81 \pm 7,68$ vs. $45,00 \pm 6,89$; $p < 0,001$) e no GI ($38,73 \pm 11,11$ vs. $47,18 \pm 8,75$; $p < 0,001$) após a implementação do protocolo. Na comparação da diferença apresentada pelos grupos entre os momentos pré- e pós-implantação do protocolo, o GI apresentou um incremento significativamente maior no escore da escala MRC que o GC ($8,45 \pm 5,20$ vs. $4,18 \pm 2,63$; $p = 0,005$).

DISCUSSÃO

O presente estudo é o primeiro ensaio clínico randomizado a analisar os efeitos de um programa de cicloergômetro passivo, associado à fisioterapia convencional, quanto à força muscular periférica, assim quanto ao tempo de VM e de internação hospitalar de pacientes críticos internados em UTI. O aumento da força muscular periférica avaliado pela escala MRC ocorreu em ambos os grupos (GC e GI); entretanto, o aumento da força foi maior no GI. Não foram observadas diferenças entre os grupos quanto

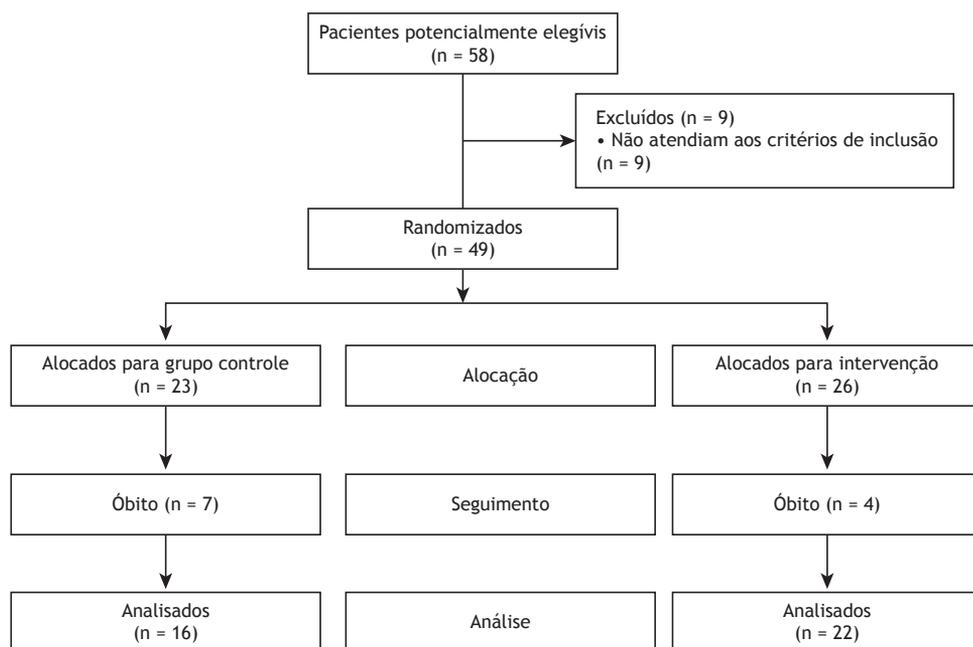


Figura 1. Fluxograma do estudo.

Tabela 1. Características clínicas e demográficas dos pacientes.^a

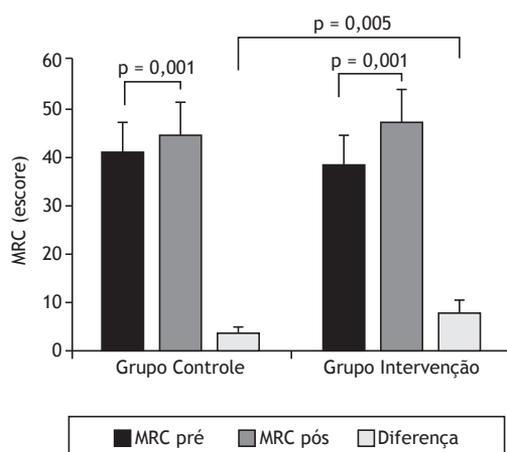
Variáveis	Grupo controle (n = 16)	Grupo intervenção (n = 22)
Idade, anos	45,13 ± 18,91	44,64 ± 19,23
Gênero masculino, n (%)	7 (43)	16 (72)
Escala de Coma de Glasgow	13,33 ± 2,91	14,21 ± 3,62
Escore APACHE II	18,12 ± 6,36	17,34 ± 6,72
Tempo de sedação, dias	4 (3-7)	4 (2-7)
Razão primária de admissão na UTI, n (%) [*]		
Neurológica	3 (18,75)	2 (9,09)
Respiratória	5 (31,25)	6 (27,27)
Abdominal	3 (18,75)	3 (13,64)
Cardíaca	0 (0,00)	4 (18,18)
Outras	5 (31,25)	7 (31,82)
Tempo para o primeiro atendimento, dias	2 (1-3)	3 (2-5)
Tempo para a primeira avaliação pela escala MRC, dias	2,5 (2,5-2,5)	2,5 (2,0-2,5)
Tempo de protocolo, dias	15 (12-30)	12 (7-25)

APACHE II: *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II*; e MRC: (escala) *Medical Research Council*. ^aValores expressos em média ± dp ou mediana (intervalo interquartil) onde não indicado. ^{*}Todas as comparações foram realizadas pelo teste t Student, exceto onde indicado (Teste U de Mann-Whitney).

Tabela 2. Tempo de internação hospitalar, de internação na UTI e de ventilação mecânica nos grupos controle e intervenção.^a

Variáveis	Grupo controle (n = 16)	Grupo intervenção (n = 22)	p
Tempo de internação, dias	46 (25-75)	38 (17-73)	0,794 [*]
Tempo de ventilação mecânica, dias	15 (10-44)	18 (8,5-37)	0,824 [*]
Tempo de internação na UTI, dias	18 (12-35)	22 (10-28)	0,715 ^{**}

^aValores expressos em mediana (intervalo interquartil). ^{*}Teste t de Student. ^{**}Teste U de Mann-Whitney.

**Figura 2.** Força muscular periférica, avaliada através da escala *Medical Research Council* (MRC), antes e depois da implementação do protocolo do estudo. Teste t de Student.

ao tempo de internação na UTI, tempo de VM e tempo de internação hospitalar.

Nossos resultados corroboram os do estudo desenvolvido por Dantas et al.,⁽²⁷⁾ no qual os autores também não constataram diferenças no tempo de VM e de internação hospitalar ao compararem um grupo controle, submetido à fisioterapia convencional, a um grupo submetido à mobilização precoce, segundo um protocolo sistemático de mobilização, porém

não incluindo a utilização de um cicloergômetro em membros inferiores.

Recentemente, Witcher et al.,⁽²⁸⁾ em estudo retrospectivo realizado em uma UTI neurológica, demonstraram, de forma semelhante ao presente estudo, que a implementação de um programa de mobilização precoce não alterou o tempo de VM, nem o tempo de permanência na UTI ou hospitalar. Schweickert et al.⁽¹⁴⁾ submeteram, através de um pioneiro estudo prospectivo, randomizado e controlado, 49 pacientes em VM e internados em UTI a um programa de mobilização passiva e ativa precoce durante um período de 28 dias. Os autores demonstraram que, no momento da alta hospitalar, o grupo intervenção apresentou uma independência funcional mais precoce, assim como um tempo de suporte ventilatório de 2,4 dias a menos que o grupo controle, desfecho esse que não ocorreu em nosso estudo. Entretanto, é importante ressaltar que, no estudo de Schweickert et al.,⁽¹⁴⁾ o grupo controle não foi submetido a nenhum tipo de intervenção fisioterapêutica, ao passo que, no nosso estudo, o grupo controle realizava exercícios respiratórios e exercícios motores, sendo a realização de mobilização passiva cíclica a única diferença entre o GC e o GI.

Uma recente revisão sistemática⁽²⁹⁾ concluiu que há evidências de que os programas de mobilização precoce em UTI são seguros e que melhoram os desfechos clínicos dos pacientes internados em UTI.

Nosso estudo está de acordo com aquela revisão, na qual não foi encontrado nenhum efeito adverso importante durante a realização de fisioterapia nos pacientes críticos, e o aumento da força muscular foi encontrado em ambos os grupos.

Em relação ao achado do incremento significativamente maior da força muscular periférica apresentado pelo GI em relação ao GC, é importante mencionar o pioneiro estudo randomizado de Burtin et al.,⁽²³⁾ no qual os autores também encontraram aumento da força do quadríceps após a combinação de mobilização passiva e ativa associada ao uso precoce de cicloergômetro. Entretanto, nosso estudo diferencia-se daquele estudo em função dos seguintes aspectos: critérios de elegibilidade (os autores incluíram pacientes sob VM por mais de 7 dias, sendo que, no nosso estudo, o tempo médio de inclusão foi de 2,5 dias) e avaliação da força isométrica de somente um grupo muscular (quadríceps) através do uso de um dinamômetro.

Pacientes expostos ao período de imobilização na UTI estão predispostos a alterações morfológicas nos músculos, o que pode gerar diminuição da força muscular e hipotrofia.⁽³⁰⁾ Koukourikos et al.⁽³¹⁾ mencionam que a atrofia muscular é um dos mais frequentes e importantes problemas observados em pacientes críticos, sendo a prevenção da mesma o foco primário em UTI. Os fatores de risco para esse desfecho incluem o uso de corticosteroides, imobilidade, sepse e controle glicêmico inadequado. Nesse sentido, os autores apontam a mobilização precoce como uma das estratégias adotadas para a redução da incidência de fraqueza muscular na UTI. O aumento da força muscular periférica, demonstrado no GC no momento da alta da UTI, pode ser explicado pela eficácia da realização da fisioterapia convencional. Uma possibilidade para explicar tal achado é que, em nosso estudo, todos os pacientes receberam fisioterapia durante a internação na UTI, fato que não ocorre em centros americanos.⁽¹²⁾ A única diferença entre os grupos foi a realização da mobilização passiva cíclica com um cicloergômetro. Em relação ao achado do incremento significativamente maior na força muscular, demonstrado pelo aumento

nos escores da escala MRC, apresentado pelo GI, Llano-Diez et al.⁽³²⁾ e Renaud et al.⁽³³⁾ afirmam que os exercícios passivos têm um efeito positivo sobre a capacidade de geração de força muscular, pois eles amenizam os efeitos deletérios do imobilismo através da manutenção da arquitetura e das propriedades intrínsecas de contratilidade do músculo.

Nosso estudo apresenta algumas limitações que devem ser mencionadas. Primeiro, nossa avaliação se restringiu à avaliação de força muscular periférica na UTI. Dessa forma, não podemos dizer se essa diferença se manteria na alta hospitalar. Segundo, embora o cicloergômetro tenha sido utilizado de forma passiva, não foi possível garantir a ausência total de contração muscular pelo paciente (ao término da sessão) durante a terapia com o cicloergômetro. De fato, em aproximadamente 20% das sessões no GI, o recurso visual disponível no cicloergômetro detectou contração ativa. Nesses casos, o fisioterapeuta instruiu imediatamente os pacientes para não contraírem os músculos ou realizar qualquer esforço com os membros inferiores. Dessa forma, acreditamos que tais contrações foram de pequena magnitude e podem ter influenciado minimamente os nossos resultados. Ressaltamos ainda que, embora essa atividade ativa tenha sido deflagrada pelo equipamento, a maior parte da sessão ocorreu de forma passiva. Finalmente, não utilizamos em nossa avaliação medidas objetivas de força muscular, como o teste de preensão palmar. Entretanto, é importante ressaltar que estudos prévios têm demonstrado uma boa correlação de avaliações objetivas de força com avaliações musculares manuais.⁽³⁴⁾

Em conclusão, a mobilização precoce em UTI, através de um protocolo com um cicloergômetro de forma passiva em pacientes sob VM, pode aumentar de forma significativa a força muscular periférica desses pacientes; porém, ela não altera o tempo de VM e de internação hospitalar. Estudos futuros envolvendo populações mais amplas são necessários para que se chegue a conclusões mais definitivas a respeito dessa temática.

REFERÊNCIAS

1. Lee H, Ko YJ, Suh GY, Yang JH, Park CM, Jeon K, et al. Safety profile and feasibility of early physical therapy and mobility for critically ill patients in the medical intensive care unit: Beginning experiences in Korea. *J Crit Care.* 2015;30(4): 673-7. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.04.012>
2. Parry SM, Puthuchery ZA. The impact of extended bed rest on the musculoskeletal system in the critical care environment. *Extrem Physiol Med.* 2015;4:16. <https://doi.org/10.1186/s13728-015-0036-7>
3. Mehrholz J, Pohl M, Kugler J, Burridge J, Mückel S, Elsner B. Physical rehabilitation for critical illness myopathy and neuropathy: an abridged version of Cochrane Systematic Review. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2015;51(5):655-61. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd010942.pub2>
4. Shpata V, Ohri I, Nurka T, Prendushi X. The prevalence and consequences of malnutrition risk in elderly Albanian intensive care unit patients. *Clin Interv Aging.* 2015;10:481-6. <https://doi.org/10.2147/CIA.S77042>
5. Sterniczuk R, Rusak B, Rockwood K. Sleep disturbance in older ICU patients. *Clin Interv Aging.* 2014;9:969-77. <https://doi.org/10.2147/CIA.S59927>
6. Puthuchery ZA, Hart N. Skeletal muscle mass and mortality - but what about functional outcome? *Crit Care.* 2014;18(1):110. <https://doi.org/10.1186/cc13729>
7. Hermans G, Van den Berghe G. Clinical review: intensive care unit acquired weakness. *Crit Care.* 2015;19:274. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0993-7>
8. Wieske L, Dettling-Ihnenfeldt DS, Verhamme C, Nolle F, van Schaik IN, Schulz MJ, et al. Impact of ICU-acquired weakness on post-ICU physical functioning: a follow-up study. *Crit Care.* 2015;19:196. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0937-2>
9. Lee JJ, Waak K, Grosse-Sundrup M, Xue F, Lee J, Chipman D, et al. Global muscle strength but not grip strength predicts mortality and length of stay in a general population in a surgical intensive care unit. *Phys Ther.* 2012;92(12):1546-55. <https://doi.org/10.2522/ptj.20110403>
10. Kayambu G, Boots R, Paratz J. Physical therapy for the critically ill in the ICU: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2013;41(6):1543-54. <https://doi.org/10.1097>

- CCM.0b013e31827ca637
11. Mehrholz J, Mückel S, Oehmichen F, Pohl M. First results about recovery of walking function in patients with intensive care unit-acquired muscle weakness from the General Weakness Syndrome Therapy (GymNAST) cohort study. *BMJ Open*. 2015;5(12):e008828. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008828>
 12. Morris PE, Goad A, Thompson C, Taylor K, Harry B, Passmore L, et al. Early intensive care unit mobility therapy in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2008;36(8): 2238-43. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318180b90e>
 13. Lima NP, Silva GM, Park M, Pires-Neto RC. Mobility therapy and central or peripheral catheter-related adverse events in an ICU in Brazil. *J Bras Pneumol*. 2015;41(3):225-30. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004338>
 14. Schweickert WD, Pohlman MC, Pohlman AS, Nigos C, Pawlik AJ, Esbrook CL, et al. Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomized controlled trial. *Lancet*. 2009;373(9678):1874-82. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60658-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60658-9)
 15. Brahmhatt N, Murugan R, Milbrandt EB. Early mobilization improves functional outcomes in critically ill patients. *Crit Care*. 2010;14(5):321. <https://doi.org/10.1186/cc9262>
 16. Hodgson CL, Berney S, Harrold M, Saxena M, Bellomo R. Clinical review: early patient mobilization in the ICU. *Crit Care*. 2013;17(1):207. <https://doi.org/10.1186/cc11820>
 17. Barber EA, Everard T, Holland AE, Tipping C, Bradley SJ, Hodgson CL. Barriers and facilitators to early mobilisation in Intensive Care: A qualitative study. *Aust Crit Care*. 2015;28(4):177-82; quiz 183. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2014.11.001>
 18. Dafoe S, Chapman MJ, Edwards S, Stiller K. Overcoming barriers to the mobilisation of patients in an intensive care unit. *Anaesth Intensive Care*. 2015;43(6):719-27.
 19. Stockley RC, Hughes J, Morrison J, Rooney J. An investigation of the use of passive movements in intensive care by UK physiotherapists. *Physiotherapy*. 2010;96(3):228-33. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2009.11.014>
 20. Stockley RC, Morrison J, Rooney J, Hughes J. Move it or lose it? A survey of the aims of treatment when using passive movements in intensive care. *Intensive Crit Care Nurs*. 2012;28(2):82-7. <https://doi.org/10.1016/j.iccn.2011.10.010>
 21. Camargo Pires-Neto R, Fogaça Kawaguchi YM, Sayuri Hirota A, Fu C, Tanaka C, Caruso P, et al. Very early passive cycling exercise in mechanically ventilated critically ill patients: physiological and safety aspects—a case series. *PLoS One*. 2013;8(9):e74182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074182>
 22. Kho ME, Martin RA, Toonstra AL, Zanni JM, Manthey EC, Nelliott A, et al. Feasibility and safety of in-bed cycling for physical rehabilitation in the intensive care unit. *J Crit Care*. 2015;30(6):1419.e1-5. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2015.07.025>
 23. Burtin C, Clerckx B, Robbeets C, Ferdinande P, Langer D, Troosters T, et al. Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Crit Care Med*. 2009;37(9):2499-505. <https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181a38937>
 24. Ely EW, Truman B, Shintani A, Thomason JW, Wheeler AP, Gordon S, et al. Monitoring sedation status over time in ICU patients: reliability and validity of the Richmond Agitation-Sedation Scale (RASS). *JAMA*. 2003;289(22):2983-91. <https://doi.org/10.1001/jama.289.22.2983>
 25. Knaus WA, Zimmermann JE, Wagner DP, Draper EA, Lawrence DE. APACHE-acute physiology and chronic health evaluation: a physiologically based classification system. *Crit Care Med*. 1981;9(8):591-7. <https://doi.org/10.1097/00003246-198108000-00008>
 26. Kleyweg RP, van der Meché FG, Schmitz PI. Interobserver agreement in the assessment of muscle strength and functional abilities in Guillain-Barré syndrome. *Muscle Nerve*. 1991;14(11):1103-9. <https://doi.org/10.1002/mus.880141111>
 27. Dantas CM, Silva PF, Siqueira FH, Pinto RM, Matias S, Maciel C, et al. Influence of early mobilization on respiratory and peripheral muscle strength in critically ill patients. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012;24(2):173-8. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2012000200013>
 28. Witcher R, Stoerger L, Dzierba AL, Silverstein A, Rosengart, Brodie D, et al. Effect of early mobilization on sedation practices in the neurosciences intensive care unit: a preimplementation and postimplementation evaluation. *J Crit Care*. 2015;30(2): 344-7. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2014.12.003>
 29. Albuquerque IM, Machado AS, Carvalho MT, Soares JC. Impacto da mobilização precoce em pacientes de terapia intensiva. *Salud Ciencia*. 2015;21(4):403-8.
 30. Patel BK, Pohlman AS, Hall JB, Kress JP. Impact of early mobilization on glycemic control and ICU-acquired weakness in critically ill patients who are mechanically ventilated. *Chest*. 2014;146(3):583-9. <https://doi.org/10.1378/chest.13-2046>
 31. Koukourikos k, Tsaloglidou A, Kourkouta L. Muscle atrophy in intensive care unit patients. *Acta Inform Med*. 2014;22(6):406-10. <https://doi.org/10.5455/aim.2014.22.406-410>
 32. Llano-Diez M, Renaud G, Andersson M, Marrero HG, Cacciani N, Engquist H, et al. Mechanisms underlying ICU muscle wasting and effects of passive mechanical loading. *Crit Care*. 2012;16(5):R209. <https://doi.org/10.1186/cc11841>
 33. Renaud G, Llano-Diez M, Ravar B, Gorza L, Feng HZ, Jin JP, et al. Sparing of muscle mass and function by passive loading in an experimental intensive care unit model. *J Physiol*. 2013;591(5):1385-402. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.248724>
 34. Fan E, Dowdy DW, Colantuoni E, Mendez-Tellez PA, Sevransky JE, Shanholtz C, et al. Physical complications in acute lung injury survivors: a two-year longitudinal prospective study. *Crit Care Med*. 2014;42(4):849-59. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000000040>